

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Article, Published Version

Omann, J.

Zur Bedeutung des wasserbaulichen Modellversuchswesen für die Beziehungen zwischen Seehäfen bzw. Seewasserstraßen und Schiff

Mitteilungen der Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau; Schriftenreihe Schifffahrt

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/105807>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Omann, J. (1964): Zur Bedeutung des wasserbaulichen Modellversuchswesen für die Beziehungen zwischen Seehäfen bzw. Seewasserstraßen und Schiff. In: Mitteilungen der Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau; Schriftenreihe Schifffahrt 5. Berlin: Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau. S. 213-232.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



Zur Bedeutung des wasserbaulichen Modellversuchswesens für die Beziehungen zwischen Seehäfen bzw. Seewasserstraßen und Schiff

Dipl.-Ing. Omann
Direktor der Forschungsanstalt für Schifffahrt,
Wasser- und Grundbau, Berlin

Auf dem umfangreichen Gebiet des gesamten Wasserbaues gibt es trotz des schon ziemlich hochentwickelten Standes der Hydromechanik heute noch eine Anzahl von Fragen sowohl theoretischer als auch praktischer Natur, die ihrer Lösung harren. In richtiger Erkenntnis des Umstandes, daß die - wenn auch wissenschaftliche - Verwertung von Naturbeobachtungsergebnissen und die rein theoretische Behandlung des Gegenstandes nicht hinreichen, diese Frage restlos zu lösen, führte man vor noch nicht all zu langer Zeit auch auf dem Gebiete des Wasserbaues den Versuch im Kleinen bzw. den Modellversuch als neues wissenschaftliches Hilfsmittel ein. Es ist ohne weiteres einzusehen, daß dieser Weg große Aussicht auf Erfolg haben mußte.

Das Betätigungsfeld der wasserbaulichen Versuchsanstalten ist im großen und ganzen ein zweifaches.

Zum ersten Aufgabenkreis gehört die Durchführung der eigentlichen Modellversuche, die der Lösung rein praktischer Fragen dienen. Es seien hier nur einige Versuche erwähnt, z.B. über den Wasserabfluß an Überfällen und Wehren, über die Kolkwirkung bei Wehren und deren Verhütung, Versuche über die Wirkungsweise von Flußregelungsbauten, Hafeneinfahrten und dergl. mehr. In diesen Fällen werden maßstäblich verkleinerte Modelle hergestellt, wobei ggf. die bewegliche Flußsohle in Sand oder Kies von bestimmter Größe nachgebildet wird. Unter gewissen Voraussetzungen ist man in der Lage, die am Modell gewonnenen Beobachtungsergebnisse mit Hilfe eines Ähnlichkeitsgesetzes maßstäblich in die Natur zu übertragen. Noch in den vorangegangenen letzten Jahrzehnten hat man vor Übertriebenen Hoffnungen bei der Übertragbarkeit der Modell Versuchsergebnisse in die Natur gewarnt. Heute liegen bereits so viele Ergebnisse einschl. wissenschaftlicher Grundlagen des wasserbaulichen Modellversuchswesens vor, daß man es mit ziemlich großer Sicherheit als Hilfsmittel bei zahlreichen wissenschaftlichen Untersuchungen heranzieht, obwohl wir heute noch nicht über ein *a l l g e m e i n* gültiges Ähnlichkeitsgesetz verfügen. Mechanische Ähnlichkeit ist nämlich unter sehr verschiedenen Verhältnissen zu erwarten, je nachdem, ob neben den Trägheitskräften nur Schwerkräfte oder andererseits nur Reibungskräfte vorhanden bzw. maßgebend sind. Im

ersten Falle, der der häufigere ist, muß der Bezugswert $\frac{v^2}{l}$ für Modell und Natur gleich sein (Froude'sche Ähnlichkeit), im zweiten der Bezugswert $v \cdot l$ (Reynolds'sche Ähnlichkeit). In allen Zweifelsfällen kommt es auf die mehr oder weniger große theoretische sowie praktische Kenntnis wie auch Geschicklichkeit des jeweiligen Versuchsleiters an, ob der Modellversuch die gewünschten Ergebnisse zeitigt.

Aber auch in jenen Fällen, in denen eine quantitative Übertragbarkeit der Versuchsergebnisse in die Natur nicht möglich ist, bietet der Modellversuch zumeist wertvolle Anhaltspunkte, wie beispielsweise bei der Wahl zwischen mehreren Projektvarianten. Oft genügt auch die gewonnene Kenntnis der grundsätzlichen Wirkungsweise einer geplanten Baumaßnahme. Daß durch die Heranziehung des Modellversuchs, dessen Kosten im Verhältnis zu den Baukosten ja verschwindend klein sind, so manche unzumutbare Bauausführung vermieden und dadurch große Kosteneinsparungen erzielt werden können, dürfte ohne weiteres einleuchten. Von diesem Standpunkt aus kommt dem Modellversuch eine ganz besondere volkswirtschaftliche Bedeutung zu.

Die zweite Hauptaufgabe des wasserbaulichen Versuchswesens besteht in der Durchführung wissenschaftlicher Untersuchungen. Auch für diese Zwecke eignet sich der Modellversuch ganz besonders, da man es hier vollständig in der Hand hat, störende Nebeneinflüsse von wesentlichen zu trennen und so die zu lösende primäre Aufgabe klar herauszustellen.

Auf Grund dieser Erkenntnisse wurde das wasserbauliche Versuchswesen in der Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau durch die großzügige Förderung der maßgebenden Regierungsstellen der DDR stark entwickelt, und es bietet die Möglichkeit, mit Hilfe der Modellversuche alle Fragen und Probleme so weit zu beantworten und zu klären, daß sichere und wirtschaftliche Lösungen erzielt und unwirtschaftliche sowie unbrauchbare Projekte sofort erkannt werden. Die Abteilung Wasserbau und Schifffahrt der Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau hat ihre Versuchsanstalten in Berlin-Karlshorst und Potsdam-Marquardt.

so ausgebaut und mit den erforderlichen Maschinen, Versuchseinrichtungen, Meßgeräten und Apparaten ausgestattet, daß alle hydraulischen Vorgänge des Flußbaues, des Seebaues, der Schifffahrt, Wasserwirtschaft, des Stahlwasserbaues, Energiebaues und anderer Grenzgebiete untersucht werden können. Die Modelle werden auf Grund der Ergebnisse durchgeführter Forschungsarbeiten bedeutend größer als früher aufgebaut, so daß zuverlässige, auf die Natur übertragbare Ergebnisse erzielt werden.

Der volkswirtschaftliche Nutzen jeder dieser Untersuchungen ist sehr bedeutend, und es hat sich bei den maßgebenden Stellen der Verwaltung der zahlreichen Wirtschaftszweige sowie auch bei den Praktikern des Wasserbaues allgemein die Erkenntnis durchgesetzt, vor Inangriffnahme eines Projektes durch modellmäßige Untersuchungen die hydraulisch günstigste Lösung zu finden und dadurch eine sichere Fehlinvestitionen vermeidende Grundlage für diese Objekte, deren Kosten zuweilen Millionen MDN betragen, zu schaffen. Es sei in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen, daß z.B. eine falsch, ohne Modellversuche durchgeführte Begradigung am Oberrhein 37 Mill. Schw. Franken gekostet hat und schon nach kurzer Zeit einer grundlegenden Änderung bedurfte, und daß z.B. ein 1933 ohne vorherige Modellversuche durchgeführter Durchstich in der Elbe, der 2,5 Mill. Mark kostete, sich nicht bewährt hat.

Ähnliche Beispiele könnten auch aufgezeigt werden bei bereits projektierten Maßnahmen der Einlaufbauwerke bzw. Einlaufkanäle für Wärmekraftwerke, die zu Betriebsausfällen führen würden, wenn ihre Anordnung und Bemessung ohne vorherige Modellversuche festgelegt werden würden. Hochwasserschutzmaßnahmen an Talsperren und Flußläufen, die ohne Modellversuche durchgeführt wurden und sich später z.T. nicht bewährten, hätten mit Hilfe von Modellversuchen sofort einwandfrei gelöst werden können.

Die Versuchsanstalt Karlshorst der Abteilung Wasserbau und Schifffahrt der Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau hat zwei heizbare Versuchshallen mit insgesamt 3.250 m^2 Arbeitsfläche. Von einer zentralen Pumpenanlage, die mit 2 Propellerpumpen von je 1000 l sekundl. Förderleistung ausgestattet

ist und die über genügend große Wasservorratsbehälter verfügt, können alle Versuchsmodelle gleichzeitig mit der notwendigen Wassermenge versorgt werden. In der Versuchsanstalt Potsdam der obengenannten Abteilung sind 3 Propellerpumpen mit 1000 l, 800 l und 400 l sekundl. Förderleistung installiert. Mittels der vorhandenen Wasservorratsbehälter ist es möglich, die in der Versuchshalle von 900 m² Arbeitsfläche und die auf dem großen Freigelände von 5 ha vorhandenen Großmodelle in Betrieb zu nehmen.

Die Bilder 1, 2 und 3 zeigen ein Großmodell der Seehafeneinfahrt zum Überseehafen Rostock sowie Wellenrinnen, die für die seebaulichen Modellversuche in der Forschungsanstalt für Schifffahrt benutzt werden.



Bild 1

Ansicht des Großmodells eines Seehafens
Maßstab 1:100 / 1:50 zur Natur



Bild 3

3 m breite Versucharinne mit
Wellen von 35 cm Höhe von der
Mole aus gesehen.



Bild 2

Tiefwasserwellentank 200 m lang,
3 m breit und 3,5 m tief.
Ansicht von der Wellenmaschine
aus; im Vordergrund Beruhigungs-
rechen.

Die Untersuchungen für den F l u ß b a u erstrecken sich vorwiegend auf die Verbesserung derjenigen Strecken, die die Schifffahrt behindern, u.a. auch auf die Untersuchung der Hafen- und Schleuseneinfahrten. Versandungen des Flusses und auch Querströmungen werden auf Grund der erhaltenen Ergebnisse durch entsprechende Baumaßnahmen beseitigt und dadurch für die Schifffahrt günstige Bedingungen geschaffen. Die betreffende Flußstrecke wird als Modell in kleinerem Maßstab naturgetreu einschl. der Buhnen und der übrigen Bauwerke aufgebaut. Auch die bewegliche Flußsohle wird hergestellt. Die Modellwasserstände werden denen der Natur nachgebildet und entsprechend dem Modellmaßstab verkleinert. Ist z.B. das Modell im Maßstab 1:50 zur Natur aufgebaut, so sind auch bei einem unverzerrten Modell die Längen, Breiten und Tiefen im Maßstab 1:50 verkleinert. Bei einer bestimmten Wassertiefe beginnt die Bewegung der Flußsohle. Die einzelnen Körner bewegen sich wie in der Natur, z.B. rollend oder gleitend und bei größerer Strömungsgeschwindigkeit auch hüpfend und s.T. schwebend. Bei dieser Bewegung verändert sich die Flußsohle, und es treten bei natürlichem Ablauf die schlechten Stellen, wie Versandungen und evtl. Querströmungen, wie in der Natur auf. Während der Versuchs werden 1 bis 2 Jahre der Natur zum Ablauf gebracht. Im Modellmaßstab erfolgt dieser Ablauf jedoch schneller. Im allgemeinen entspricht ein Tag der Natur 1 bis 3 Minuten im Modell, je nach Modellgröße. Laufen z.B. 2 Jahre der Natur ab, so werden sämtliche Wasserstände der Natur, wie Hoch-, Mittel- und Niedrigwasser dieser 2 Jahre nachgebildet und wirken während der beiden Modelljahre auf die Modellschle ein. Es bilden sich dann im Modell wie in der Natur die schlechten Stellen aus, die anschließend durch Einbauten beseitigt werden. Somit kann durch den Modellversuch schnell festgestellt werden, ob sich ein Einbau günstig auswirkt. Wenn nicht, wird ein anderer Einbau oder eine andere Flußführung vorgesehen und so lange probiert, bis die beste Lösung gefunden ist. Dadurch ist es möglich, mit verhältnismäßig geringen Kosten, die in keinem Verhältnis zu den Kosten der späteren Bausausführung stehen, im voraus die zweckmäßigste und wirtschaftlichste Baumaßnahme zu finden und Fehlinvestitionen zu vermeiden.

Für die Messungen während des Versuchs und nach dem Versuch stehen moderne Meßgeräte zur Verfügung, die z.T. mit eigenen Kräften gefertigt wurden, wie z.B. Leichtmetallmeßbrücken bis 24 m Länge, Meßnadeln, selbstschreibende Pegel, Profilschreiber mit elektrischer Fernübertragung, Mikroflügel für Strömungsmessungen u.a. Die Flußmodelle werden in einer Größenordnung der Längen von 50 bis über 100 m aufgebaut. Die Modellmaßstäbe sind etwa 1:50 bis 1:80 zur Natur. Untersucht wurden z.B. zahlreiche Flußabschnitte der Elbe und Oder sowie zahlreiche Hafeneinfahrten und Schleusenkanäle. Bei der bisherigen zweckgebundenen Forschung wurde auch gleichzeitig die Grundlagenforschung wesentlich gefördert und die Wirkung von verschiedenen Bauwerken, wie Buhnen, Leitwerken, Deckwerken, Sohl- und Grundschnellen sowie verschiedenen Wasserentnahmebauwerken, untersucht.

Die Geschiebe- und Schwebstoffbewegung ist ein Sondergebiet, mit dem sich die Abteilung Wasserbau und Schifffahrt der Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau eingehend befaßt, um grundlegende Gesetzmäßigkeiten zu schaffen. Die Versandung der Hafeneinfahrten sowie der Abzweigkanäle der Schleusen und Kraftwerke wurde bereits mehrfach erfolgreich untersucht. Auch die hydraulisch günstige Ausführung von Wehren, ferner der Angriff der Strömung auf die Ufer und die Flußsohle konnten durch Modellversuche geklärt werden.

Der Verfasser dieses Beitrags hatte zu Anfang nicht die Absicht, über die Modellversuche für den Flußbau zu schreiben. Jedoch erscheint es zweckmäßig, in der Gegenüberstellung zu den Modellversuchen für den Seebau festzustellen, daß die Flußbau-Modellversuche bereits eine allseitige Anerkennung gefunden haben und ihre Ergebnisse auf Grund der bisherigen Ähnlichkeitsgesetze auf die Natur allgemein übertragen werden können.

Die Ansichten über die Möglichkeit der Durchführung von Modellversuchen für den Seebau sind jedoch zum Teil noch sehr unterschiedlich. Es gibt noch zahlreiche Vertreter der Praxis, die die Brauchbarkeit der Modellversuche für den Seebau nur für spezielle Untersuchungen anerkennen. Dies ist nicht zuletzt auch

darauf zurückzuführen, daß bei den Modellversuchen für den See- und Seehafenbau mit beweglicher Sohle größere Erschwernisse auftreten als bei den Modellversuchen für den Flußbau.

Die Modelle für den Seebau müssen in jedem Falle in größeren Maßstäben aufgebaut werden, wodurch ihre Herstellung mit bedeutend größeren Kosten verbunden ist. Außerdem ist die genaue Messung der Kräfte der Küstenströmung einschließlich der Wirkung der Wellen in der Natur wie auch im Modell bedeutend komplizierter. Ein weiterer Nachteil der Untersuchungen gegenüber dem Modellversuchswesen für den Flußbau ergibt sich dadurch, daß bisher noch zu wenig Messungen in der Natur, wie Peilungen, Geschwindigkeitsmessungen, Wellenmessungen, Geschiebebeobachtungen und Schwebstoffmessungen (letztere besonders gesehen in den Beziehungen zwischen Welle und Sediment), durchgeführt wurden. In den zahlreichen von der Forschungsanstalt durchgeführten Modellversuchen für den See- und Hafenbau sowie der Brauchbarkeit der Übertragung der Versuchsergebnisse in die Natur konnte der wissenschaftliche sowie praktische Wert mit hohem volkswirtschaftlichem Nutzeffekt unter Beweis gestellt werden. Dies kam besonders zur Klärung der wirtschaftlichen und sicheren Bemessung der zahlreichen Bauwerke des Seebaues und zur Vermeidung von Fehlinvestitionen zum Ausdruck, z.B.

- strömungstechnisch günstigste Form der Molenköpfe
- zweckmäßigste Lage der Molenköpfe bzw. der Hafeneinfahrt
- zweckmäßigste Führung der Molen
- Wellenbewegung im Hafenbecken und in der Hafeneinfahrt
- Versandung der Hafeneinfahrt und Freihaltung der Fahrrinne durch vorhandene Spülkräfte
- Fragen der Ansteuerungsmöglichkeit mit Hilfe fahrdynamischer Versuche

Die Modellversuche für den Seebau befassen sich u.a. mit der Verbesserung der Fahrwassertiefen der Seewasserstraßen zu den Seehäfen der DDR sowie mit der Verminderung der Versandungen der Hafeneinfahrten. Weitere Untersuchungen erstrecken sich auf die zweckmäßige Lage der Seehäfen und auf die Bauform sowie die Standfestigkeit der Molen.

Auch zur Lösung der Probleme des Küstenschutzes können die Modellversuche wesentlich beitragen. Hier steht die Erhaltung unserer Ostseeküste durch zweckmäßige Sicherungsmaßnahmen im Vordergrund. Schließlich haben diese Maßnahmen aber auch Beziehung zu den Seewasserstraßen und Seehafeneinfahrten.

Die Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Seebaues erfordern bedeutend größere Modelle als die auf dem Gebiete des Flußbaues. Es sind daher auf dem Freigelände der Versuchsanstalt Potsdam der Versuchsanstalt für Schifffahrt mehrere Großmodelle vorhanden, von denen das größte eine Fläche von über 5000 m^2 hat (Länge über 100 m, Breite 50 m).

Bei den Modellversuchen für den Seebau werden sowohl die Küstenströmungen als auch die Wellen nachgebildet. Für letztere stehen 20 transportable Wellenmaschinen eigener Konstruktion von je 4 m Länge zur Verfügung, durch die Wellen bis zu 35 cm Höhe und entsprechender Länge erzeugt werden können. Die Wellenmaschinen werden u.a. auch zu Untersuchungen des Brandungsgebietes oder zu Molen- und Wellenbrecheruntersuchungen verwendet. Die Aufzeichnung der Wellenvorgänge erfolgt durch elektrische Wellenaufzeichnungsgерäte sowie Druckmeßdosen.

Auf dem Versuchsgelände in Potsdam befindet sich ein 150 m langer und 2,07 m breiter überdachter Kanal, auf dem ein elektrisch gesteuerter Meßwagen entlangfahren kann. Die Geschwindigkeit dieses Meßwagens kann von 3 cm bis 3 m/s stufenlos variiert werden. Mittels dieser Eichenanlage können hydrometrische Flügel sowie Staurohre geeicht werden. Auch Widerstands- und Druckmessungen an Schiffsmodellen und Körpern verschiedener Form wurden bereits durchgeführt.

Verschiedene Untersuchungen erstreckten sich auf hydraulische Probleme fachlicher Grenzgebiete, wie Stahlwasserbau, Energiebau und wasserwirtschaftlicher Wasserbau.

Die Versuche für den Seebau lassen sich im wesentlichen in zwei Gruppen gliedern. In der ersten Gruppe befinden sich die für die Praxis äußerst wichtigen, nicht aufschiebbarer praktischen Probleme für Häfen und deren Molen, Wellenbrecher, Bauten usw., um die auftretenden und zu bewältigenden Kräfte zu ermitteln, die Ein- und Ausfahrt der Schiffe zu erleichtern, Versandungen zu verhindern und die Unruhe in den Häfen zu verringern; ferner auch Versuche zur Verhinderung der Versandung der Seewasserstraßen.

Die zweite Gruppe betrifft Modellversuche für den Schutz eines ganzen Küstenabschnittes, z.B. durch Buhnen, Deck- und Längswerke usw. Derartige Versuche wurden vor dem 2. Weltkrieg in verschiedenen Versuchsanstalten - wie sich herausstellte - in zu kleinen Maßstäben durchgeführt.

In der Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau wird seit über einem Jahrzehnt mit weit größeren Maßstäben der Tiefen und Flächen gearbeitet. Verschiedene Versuche wurden für Teilabschnitte der Küste im Maßstab 1:1 der Natur in Angriff genommen. Die erhaltenen Ergebnisse zeigten, daß die Welle in ihrer Form bei Veränderung der Gestalt der Schorre bzw. der Form eines Bauwerkes äußerst empfindlich ist.

Für die Seeschifffahrt sind Hafenmündungen an sandiger Küste von besonderem Interesse. Hier sollen nur die durch den Küstenstrom hervorgerufenen Erscheinungen betrachtet werden. Das sind Sandablagerungen und Kolkungen an der Einfahrt und im Hafenbecken sowie die Wasserwalzen, die das Einlaufen der Schiffe beeinträchtigen. Die Schwierigkeiten beim Ansteuern der Einfahrt durch Strömung und Seegang, die Störung beim Löschen und Laden durch den Seegang und die Schwellwirkung im Hafenbecken sowie die meist sehr schwierigen Bauausführungen können hier noch nicht erörtert werden, da sich die Forschungsanstalt für Schifffahrt zur Zeit mit dem sehr bedeutenden Thema "Seeschiff und Seekanal" befaßt und in Kürze einige Ergebnisse hierüber veröffentlicht werden. Diese Faktoren sind entscheidend für die Gesamtanlage eines Seehafens.

An der Ostsee wird der Küstenstrom vom herrschenden Wind hervorgerufen und ist überwiegend von Westen nach Osten gerichtet. Häfen ohne oder mit geringer Ausströmung weisen deshalb - soweit die Küstengestaltung dies zuläßt - mit ihrer Einfahrtsöffnung etwa in die Richtung des Küstenstromes oder senkrecht zur Küste. Verschiedene Hafenmündungen an der Ostsee mit starker Ausströmung dagegen haben ihre Einfahrtsöffnung z.T. gegen den herrschenden Küstenstrom gerichtet erhalten.

Bei diesen Hafenmündungen treten neben starken Ausströmungen ebenso kräftige Einströmungen auf, je nach den Windverhältnissen und den davon abhängigen Wasserständen an der Ostsee. Der Küstenstrom kann gelegentlich ost-westliche Richtung erhalten.

Abgesehen von den Kolkungen an den Einfahrtsmolen und Hafendämmen, die durch Wellenwirkung entstehen, können auch durch den Küstenstrom Ausspülungen hervorgerufen werden, vor allem an den Köpfen der buhnenartig in den Strom vorspringenden Molen. Man hat den Versuch im Großen und im Modell gemacht, die Versandung einer Hafeneinfahrt durch Öffnungen in den Hafendämmen zu vermindern, die einen Teil des Küstenstromes durch das Hafenbecken hindurchführen und so die Einfahrt spülen sollten. Bedeutende Erfolge hierüber sind nicht bekannt. In den meisten Fällen muß die Einfahrt durch Baggerung freigehalten werden. Nicht immer ist die teilweise Versandung oder Verschlickung maßgebend, sondern der Verkehr der kleinen und großen Frachtschiffe, Fähr- und Passagierschiffe.

Die Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau hat auf Grund der umfangreichen Modellversuche auch Berechnungsverfahren entwickelt, die die Bestimmung der Wellenkräfte an Molen im Seichtwassergebiet ermöglichen. Die mittels einer Wellenmaschine erzeugte Welle wurde an verschiedenen Stellen der 3 m breiten und 60 m langen Versuchsrinne untersucht (Bild 4). Der Aufbau der Versuchsanlage im Maßstab 1:6 zur Natur mit entsprechender Anordnung der Druckmeßdosen ermöglichte eine sehr genaue Beobachtung der Wellenvorgänge. Die zahlreichen Druckmessungen nach zwei verschiedenartigen elektrischen Meßmethoden erga-

ben für den Praktiker sehr brauchbare Ergebnisse, die insbesondere als Grundlage für die Bemessung der Außenbauwerke - Molen - der Seehäfen von Bedeutung sind.



Bild 4

Druckmessungen an der Mole in
der 3 m breiten Wellenrinne

Die Ergründung der Vorgänge an der Küste im Hinblick auf die Wirkung der Welle mit und ohne Sediment interessiert nicht nur den Küstenschutz als solchen, sondern auch die Seeschifffahrt. Deshalb können die Modellversuche für den Seebau einschließlich der Anwendung theoretisch-physikalischer und mathematischer Überlegungen von sehr großem Nutzen sein. Die Bedingungen jedoch, die in der Natur am Strand zu Abbrüchen oder Anlandungen führen, sind bisher noch ungenügend bekannt. Diesbezügliche Untersuchungen, die besonders im letzten Jahrzehnt verstärkt auch in der Natur vorgenommen werden, befinden sich noch in den Anfängen. Die von der Forschungsanstalt durchgeführten Modellversuche bestätigen auch die Messungen in der Natur, nämlich die Tatsache, daß der Sand hauptsächlich auf dem Rücken der Riffe längs der Küste läuft. In den Tälern zwischen den Riffen ist die Sandverdriftung verhältnismäßig ge-

ring. Die Vorgänge der Sandablagerung in den Bühnenfeldern sind jedoch noch ungenügend geklärt. Beobachtungen und Messungen in der Natur sind sehr schwierig. Die maßgeblichen Sandbewegungen finden gerade dann statt, wenn genaue und sorgfältige Messungen durch hohe See erschwert oder unmöglich gemacht werden. Die in der Natur wirkenden Einzelkräfte und Bedingungen sind daher nicht zu trennen und zu verfolgen. Will man an die Lösung der Frage der Sandwanderung im Küstensaum mit Aussicht auf Erfolg herangehen, so ist dies nach dem Stand der heutigen Erkenntnisse nur durch eine enge Zusammenarbeit zwischen Natur- und Modellforschung möglich. Zur Lösung der gesamten Problematik wäre es m.E. von Vorteil, noch mehr als bisher mathematische und theoretisch-physikalische Überlegungen anzuwenden. Die Naturbeobachtungen einschließlich der mathematischen und theoretisch-physikalischen Betrachtungen geben dem Modellversuch Grundlagen und umgekehrt kann der Modellversuch durch seinen Vorteil, willkürlich Kräfte und Bedingungen ändern zu können, der Naturbeobachtung unentbehrliche Hinweise zum Auffinden von Zusammenhängen und Gesetzmäßigkeiten geben.

Die Erfahrungen des wasserbaulichen Versuchswesens können auch für die Grenzgebiete des wasser- und schiffbaulichen Modellversuchswesens genutzt werden, vor allem bei den Untersuchungen der Fahrbewegung eines Schiffes im Fahrwasser, dessen Tiefe und Breite beschränkt sind (Bild 5). Die Strömung in der Umgebung eines fahrenden Schiffes in beschränktem Fahrwasser (Kanal) wird nicht mehr allein durch den Schiffskörper beeinflusst, sondern es machen sich auch die Gesetzmäßigkeiten der Hydromechanik offener Gerinne geltend, die sehr komplizierte Vorgänge in der Beziehung zwischen Schiff und Kanal darstellen. Die wissenschaftlichen Mitarbeiter der Forschungsanstalt sind sich der Bedeutung dieses Grenzgebietes zwischen wasser- und schiffbaulichen Strömungsvorgängen bewußt. In den letzten Jahren wurden zahlreiche Untersuchungen auf diesem Gebiet durchgeführt, wobei die Zusammenhänge im Modellversuchswesen zur Lösung der Probleme der Schifffahrt und der Schifffahrtsverkehrstechnik besonders deutlich wurden.



Bild 5

Fahrdynamische Modellversuche beim
Ein- und Ausfahren eines Seeschiffes
im Seekanal zum Überseehafen Rostock

Modellmaßstab 1:33

Die genaue Kenntnis dieser Zusammenhänge erfordert jedoch noch weitere modellmäßige sowie auch theoretische Untersuchungen. Die systematischen Forschungen über den Schiffswiderstand, die von der Schiffbau-Versuchsanstalt des Instituts für Schiffbau durchgeführt werden, haben den praktischen Zweck, all diejenigen Einzelfaktoren zuverlässig zu ermitteln, die Widerstand erzeugen, ihren Einfluß der Größe nach festzustellen und klare Erkenntnisse zu gewinnen, wie die Schiffsform für die jeweiligen Anforderungen am günstigsten auszubilden ist.

Ein sehr wesentlicher widerstandsbildender Faktor ist die Wellenbildung, welche eine Schiffsform bei bestimmter Fahrgeschwindigkeit hervorruft. Hier interessiert den Wasserbauingenieur der Schiffswiderstand besonders auf beschränktem Wasser.

Eine genaue Untersuchung des Flachwassereinflusses muß im wesentlichen von der Umströmung der jeweiligen Schiffsform ausgehen. Dabei ist die Veränderung der beiden Drucksysteme - der Verdrängungsströmung und der Oberflächenwellen - durch den Einfluß der Bodennähe (in Kanälen auch der Seitenbegrenzungen - Böschungen) zu berücksichtigen. Weiter ist von Bedeutung die Verschiebung der Drucksysteme Tauchung und Trimmelage, die ebenfalls auf den Strömungszustand Einfluß haben.

Eine wichtige Wirkung des flachen Wassers ist die Vergrößerung des Widerstandes in einem gewissen Geschwindigkeitsgebiet. Diese wohlbekannte Widerstandszunahme ist mitunter sehr bedeutend und erreicht besonders dann eine außerordentliche Höhe, wenn das Fahrwasser auch seitlich beschränkt ist, so daß der getauchte Schiffspant einen merklichen Anteil des verfügbaren Kanalquerschnitts ausfüllt.

Schiffswellen, durch die Fahrt eines Schiffes hervorgerufen, sind seit langem - im Gegensatz zu Seegangswellen - auch theoretisch gut bekannt. Für den Seehafenbau interessieren aber auch sehr die Schiffswellen und die Schwellwirkung. Hier unterscheidet man Keilwellensysteme, welche auf beiden Seiten des fahrenden Schiffes als überaus regelmäßige und auch im Seegang leicht erkennbare Wellen sich vom Bug aus nach seitwärts hinten erstrecken. Im Kielwasser eines fahrenden Schiffes entstehen Querwellen, welche nachlaufend den Winkelraum zwischen den beiden Keilwellensystemen ausfüllen. Im Gegensatz zu Dünungswellen sind die Schiffswellen (Keilwellensysteme) in ihrer Höhe begrenzt. Die Wellenlänge sowie die Wellenhöhe entsprechen der Geschwindigkeit des fahrenden Schiffes.

Schließlich sei grundsätzlich festgestellt, daß es manche Gebiete gibt, in denen das schiff- und wasserbauliche Modellversuchswesen starke gegenseitige Beziehungen haben. Eine noch intensivere Zusammenarbeit dürfte auch weiterhin fördernd für beide Fachdisziplinen sein. Die Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau wird auch in den nächsten Jahren entsprechend der Themenstellung Probleme, die diese Grenzgebiete betreffen, bearbeiten, um die in der Schifffahrt noch störenden Faktoren weitestgehend auszuschalten. Hierzu bedarf es in der Gemeinschaftsarbeit einer weiteren Unterstützung seitens der Praktiker, insbesondere aber der Nautiker.

Das wasserbauliche Versuchswesen ist nach einer mehr als 6 Jahrzehnte währenden Entwicklung zu einem geschlossenen Wissensgebiet herangereift. Zu seinem Aufschwung haben in erster Linie die wasserbautechnischen Versuchsanstalten in Deutschland beigetragen. Die wasserbauliche sowie Schifffahrtspraxis - einst zweifelnd an dem Enderfolg - sind heute überzeugte Nutznießer dieses noch sehr jungen Wissenszweiges geworden.

Es ist daher eine Pflicht für den Ingenieur und Techniker im Wasserbau und in der Schifffahrt, eine weitere Steigerung der Erfolge des wasserbaulichen Versuchswesens zum Wohle der Wirtschaft anzustreben. Die Möglichkeit des Fortschritts liegt aber nicht allein in der Intensivierung der Forschungstätigkeit, sondern auch in der verstärkten Auswertung der Modellversuchsergebnisse in der Praxis.

Der hier veröffentlichte Beitrag stellt nur einen verkürzten Inhalt des Vortrags dar. Die ausführlichen Hinweise, die anlässlich der Vorführung eines Kurzfilms und zahlreicher Diapositive über die wichtigsten Ergebnisse der Modellversuche der Forschungsanstalt, die Beziehungen zur Schifffahrt haben, gegeben wurden, können aus technischen Gründen nicht wiederholt werden.

Literatur

O. Z s c h l i e s s e

Die Zweckmäßigkeit von Modellversuchen für seebauliche Maßnahmen an Häfen, in Seewasserstraßen und für den Küstenschutz
Akademie-Verlag, Berlin, 1954

E. B l a u

Modellversuche mit beweglicher Sohle im See- und Seehafenbau ohne Tideströmungen
Wasserwirtschaft-Wassertechnik, 4.Jg. (1954), H. 10, S.355

E. B r u n s

Über die Modellmaßstabsregeln für Wasserbaulaboratorien
Memoires de l'Hydrologique, Vol.VII, Staatl.Hydröl.Inst.
Leningrad 1932 (russ.)

H. G r i e s s e i e r und K. V o l l b r e c h t

Über die Unmöglichkeit einer wohldefinierten naturähnlichen Abbildung wellenbedingter Vorgänge im Litoral durch Küstenmodelle
Wasserwirtschaft-Wassertechnik, 6.Jg. (1956), H. 8, S. 247

E. B l a u

Die Messung der Geschwindigkeitsoszillation in Wellen und der Sedimentbewegung
Wasserwirtschaft-Wassertechnik, 6.Jg. (1956), H. 8, S. 257

W.W. S c h u l e i k i n

Physik des Meeres
Fizika morja, 3. dop.izd.
Moskva: Akad. Nauk 1953 - 990 S. u.Illustr.

H. T h o r a d e

Probleme der Wasserwellen
Hamburg - Verlag von Henri Grand - 1931, VIII, 219 S.

